

## 表示装置、照明装置及びプロジェクタ

### 関連出願の参照 (CROSS-REFERENCE TO RELATED APPLICATIONS)

本出願は、2003年4月21日に先に提出された日本国特許出願番号2003-115653と、2003年4月21日に先に提出された日本国特許出願番号2003-115654と、2003年11月28日に先に提出された日本国特許出願番号2003-399347との優先権の利益を享受するとともに、その全内容を組み込むものである。

### 発明の背景 (BACKGROUND OF THE INVENTION)

#### 1) 発明の分野 (Field of the Invention)

本発明は、表示装置、照明装置及びプロジェクタ、特にプロジェクタに用いられる表示装置及び照明装置に関する。

#### 2) 関連技術の説明 (Description of the Related Art)

フラットパネルディスプレイ (以下、「FPD」という。) として、固体発光素子である発光ダイオード素子 (以下、適宜「LED」という。) の2次元アレイをバックライトとして用いるものが知られている (I. Hi y a m a et al., "LN-3 : "Four-Primary Color 15-in. XGA TFT-LCD with Wide Color Gamut", EURODISPLAY 2002, PP827-830 参照)。このような FPDでは、1フレームを一対のサブフレームに分割し、これらサブフレームのそれぞれに、緑色光 (以下、「G光」という。) に近似する色光G1光、G2光の表示を割り当てるとともに、それぞれに赤色光 (以下、「R光」という。) 、青色光 (以下、「B光」という。) の表示も割り当てる。これにより、第1サブフレームでR光、G1光の画像を表示し、第2サブフレームでG2光、B光の画像を表示することになり、結果的に4つの色光で画像を表現することができるの

で、色再現範囲を拡大することができる。

また、LEDは、超高圧水銀ランプ等に比較して一般的に長寿命で、かつ光への変換効率が高いという利点を有している。このため、照明装置の光源にLEDを使用する場合が多くなってきている。ここで、単体のLEDは、発光量が超高圧水銀ランプ等に比較して小さい。また、プロジェクタ等の光源は、比較的大きな光量が必要とされる。このため、LEDをプロジェクタの光源に用いる場合、光量を大きくするための提案がなされている。例えば、特開2001-42431号公報には、発光波長が異なる複数種のLEDを組み込んだ光源装置を利用して、プロジェクタの空間光変調装置の例である液晶型ライトバルブを照明する構成が開示されている。この光源装置では、発光波長が僅かに異なる一対のLEDからの光束をダイクロイックミラーで合波、即ち色合成することによって特定の波長領域の色光の輝度を高めて光量を増やしている。

しかし、上記のFPDでは、同時に2色の照明及び表示を行うので、カラーフィルタの使用が不可欠であり、LCDすなわち画像表示部分の構造が複雑になるとともに、フィルタでの光量損失が発生してしまう。また、上記のFPDでは、1フレームを一対のサブフレームに分割するので、倍速でLCD等を駆動する必要があり、各色に対応する制御信号の生成が極めて複雑なものとなる。しかも、4色に対応する4つのLEDのうち2つのLEDのみを発光させてるので、結果的にLEDの休止時間が多くLEDが有効に活用されていない。なお、適当なフィルタの採用によって4色に対応する4つのLED素子を同時に点灯することも考えられるが、表示画像によっては分割したG1光、G2光の輝度差が極めて大きくなる場合があるので、G1光、G2光の点灯を切替える際に、隣接するR光用又はG光用の画素の輝度がサブフレームの切替えの影響で不安定に変動する可能性がある。

また、通常、色合成用のダイクロイックミラーは、透過率特性又は反射率特性が大きく切換わる近傍の波長、即ち遮断周波数がP偏光光とS偏光光とでは、それぞれ異なっている。このため、双方の偏光に対応する一対の遮断周波数に挟ま

れた波長領域の両外側に一对のLEDの発光中心波長（以下、「ピーク波長」という。）を設定する必要がある。このようなピーク波長差は、50 nm程度に達する場合もある。このため、上記の公報に開示された光源装置では、ダイクロイックミラーの光学特性に起因して、一对のLEDから射出される一对の光束のピーク波長を所定値以上に近づけることができない。この結果、一对の光束のピーク波長差が大きくなり、合波後に得られる特定色の色純度が下がってしまうという問題を生ずる。また、ピーク波長が近い一对の光束を、上述のダイクロイックミラーに入射させると、本来すべて透過させたいのに一部が反射してしまい光量損失すること、及び本来すべて反射させたいのに一部が透過してしまい光量損失することが生じてしまう。このため、従来の構成で、高い色純度で高輝度な照明光を得ることは困難である。

さらに、LEDを用いる光源からの光量を増加させる構成として、複数のLEDをアレイ化して配置することも考えられる。これにより、LEDの数量に比例して光量を増加できる。ここで、プロジェクタにおいては、光源と空間光変調装置とを含めた光学系において、有効に扱える光束が存在する空間的な広がりを面積と立体角の積（エテンデュー、Geometrical Extent）として表すことができる。この面積と立体角の積は、光学系において保存される。従って、光源の空間的な広がりが大きくなると、空間光変調装置に入射する光束が存在する空間的な広がりが大きくなる。しかしながら、空間光変調装置で取り込むことができる角度は限られているため、光源からの光束を有効に用いることが困難となる。複数のLEDをアレイ化して光量を増やす場合、光源の面積（空間的な広がり）も大きくなる。従って、プロジェクタにおいて、単にLEDをアレイ化して光量を増加させようとしても、エテンデューが保存されるため、光源からの全ての光束を有効に用いることが困難となってしまう。この結果、光量を増加させることができないので問題である。

そこで、本発明は、簡易な制御で高輝度かつ色再現範囲が広い画像を表示可能な表示装置、高い色純度で高輝度の照明光を供給できる照明装置、この照明装置

を備えるプロジェクタを提供することとする。

#### 発明の開示 (SUMMARY OF THE INVENTION)

本発明の目的は、少なくとも上述の課題を解決するものである。本発明によれば、第1乃至第4照明光をそれぞれ発生する第1乃至第4固体光源を有する光源装置と、第1乃至第4照明光をそれぞれ変調する空間光変調部と、光源装置の動作を制御することにより、第1及び第2照明光を空間光変調部の同一照明領域に時系列的に入射させるとともに、第3及び第4照明光を第1及び第2照明光との重複を回避するように空間光変調部に個別に入射させる制御装置と、を備える表示装置を提供することができる。ここで、「固体光源」とは、LED、EL素子、LD素子等を含む概念である。また、「第1及び第2照明光との重複を回避する」とは、第3及び第4照明光が第1及び第2照明光との関係で時間的又は空間的に異なる状態でそれぞれ照射されることを意味する。換言するならば、異なる照明光によって同一箇所が同時に照明されることを回避していることになる。

上記表示装置では、制御装置が第1及び第2照明光を空間光変調部の同一照明領域に時系列的に入射させるとともに、第3及び第4照明光を第1及び第2照明光との重複を回避するように空間光変調部に個別に入射させるので、フィルタを用いることなく空間光変調部を構成することができ、フィルタでの光量損失の発生を防止することができる。つまり、効率的な照明によって高輝度かつ色再現範囲の広いカラー画像を表示することができる。

また、本発明の好ましい態様としては、空間光変調部が、第1及び第2照明光に対応する第1空間光変調装置と、第3照明光に対応する第2空間光変調装置と、第4照明光に対応する第3空間光変調装置と、を備え、制御装置が、第3及び第4照明光を第2及び第3空間光変調装置にそれぞれ入射させることと並行して、第1及び第2照明光を第1空間光変調装置の同一照明領域に時系列的に入射させることが望ましい。ここで、「空間光変調装置」とは、例えば液晶ライトバルブに代表される光デバイスであり、デジタルミラーデバイス等を含む概念である。

この場合、3つの空間光変調装置によって4元系のカラー表示が可能になるだけでなく、第1又は第2固体光源と、第3固体光源と、第4固体光源とを並行して効率的に動作させることによって高輝度の画像を形成することができる。

また、本発明の好ましい態様としては、第1及び第2照明光は、互いにピーク波長が近似するとともに、第3及び第4照明光は、第1及び第2照明光のピーク波長から離れたピーク波長をそれぞれ有することが望ましい。この場合、近似する2色のみに関して1フレームを分割してサブフレームを形成することになり、第1空間光変調装置やその前後の光学系を第1及び第2照明光に適合させたものとすることができます。さらに、第2及び第3空間光変調装置をそれぞれ第3及び第4照明光ごとに個別に動作させるので、これらの2色に関する信号処理等は従来のものをそのまま活用することができる。

また、本発明の好ましい態様としては、第1及び第2照明光が入射した場合に、この第1及び第2照明光を合波して空間光変調部に入射させる合波部と、第1及び第2照明光のうち一方の照明光を所定方向の直線偏光に変換して合波部に入射させる偏光変換部と、をさらに備えることが望ましい。この場合、偏光変換部が一方の照明光を所定方向の直線偏光に変換して合波部に入射させて、合波部の合波特性が第2照明光等の波長において偏波依存性を有している場合であっても、その特性に応じた偏光光を合波部に入射させることができる。よって、第1及び第2照明光を効率よく合波することができ、合波によって最終的に得られる照明光の輝度向上を図ることができる。ここで、「偏波依存性」とは、合波部による合波効率等の特性が入射光の偏光状態によって異なることを意味する。

また、本発明の好ましい態様としては、合波部は、光の透過及び反射を利用する光合成素子であり、一方の照明光のピーク波長は、所定方向の直線偏光に関する光合成素子の第1エッジ波長と、所定方向に対して直交方向の直線偏光に関する光合成素子の第2エッジ波長との間の較差発生領域に設定されていることが望ましい。この場合、光合成素子の透過反射特性においてS偏光及びP偏光に対するエッジ波長の差が大きく無視できない程度の較差発生領域が存在していても、

これを補償した合波により輝度向上を図ることができる。

また、本発明の好ましい態様としては、空間光変調部は、第1乃至第4照明光が全て入射する单一の空間光変調装置を備え、制御装置は、第1乃至第4照明光を单一の空間光変調装置の同一照明領域に時分割で入射させることが望ましい。この場合、单一の空間光変調装置によって4元系の明るいカラー表示が可能になる。

また、本発明の好ましい態様としては、1フレーム中における第1及び第2照明光による総和の照明時間が、第3及び第4照明光による各照明時間と等しく、第1及び第2照明光の強度が、第3及び第4照明光の強度よりも相対的に大きいことが望ましい。この場合、第1及び第2照明光による照明を1フレーム中で時系列的に行うサブフレーム化による照明時間の減少を、第1及び第2照明光の強度増加によって補うことができる。

また、本発明の好ましい態様としては、制御装置は、第1及び第2照明光を、画像の色調若しくは白色レベルに対応する所定の強度比で空間光変調部の同一照明領域に時系列的に入射させることが望ましい。なお、第1及び第2照明光による照明時間の比率は例えば1：1に設定される。この場合、画像の色調や白色レベルに対応する適切な表示が可能になる。

また、本発明の好ましい態様としては、制御装置は、第1及び第2照明光を、フレーム時間を2分割した照明時間で、かつ、第1照明光を単独で使う場合の照明光の強度の2倍の強度で、空間光変調部にそれぞれ入射させることが望ましい。この場合、バランス良く明るい4元系のカラー表示が可能になる。

また、本発明の好ましい態様としては、制御装置は、第1及び第2照明光を、画像の色調若しくは白色レベルに対応する所定の時間比で空間光変調部の同一照明領域に時系列的に入射させることが望ましい。なお、第1及び第2照明光による照明強度の比率は例えば1：1に設定される。この場合、画像の色調や白色レベルに対応する適切な表示が可能になる。

さらに、本発明によれば、第1乃至第4照明光をそれぞれ発生する第1乃至第

4 固体光源を有する光源装置と、前記第 1 乃至第 4 照明光をそれぞれ変調する空間光変調部と、前記光源装置の動作を制御することにより、前記第 1 及び第 2 照明光を前記空間光変調部の同一照明領域に時系列的に入射させるとともに、前記第 3 及び第 4 照明光を前記第 1 及び第 2 照明光との重複を回避するように前記空間光変調部に個別に入射させる制御装置と、を備える表示装置と、空間光変調部の像を投写する投写光学系を備えるプロジェクタを提供することができる。かかるプロジェクタでは、色再現範囲の広いカラー画像を投写するにも拘わらず、効率的な照明によって投写されたカラー画像を高輝度とすることができます。

さらに、本発明によれば、ピーク波長が異なる第 1 及び第 2 照明光をそれぞれ発生する第 1 及び第 2 光源を有する光源装置と、第 1 及び第 2 照明光が入射した場合に、これら第 1 及び第 2 照明光を合波して射出する合波部と、第 2 照明光を所定方向の直線偏光に変換して合波部に入射させる偏光変換部と、を備える照明装置を提供することができる。

上記の照明装置では、偏光変換部が第 2 照明光を所定方向の直線偏光に変換して合波部に入射させるので、合波部の合波特性が第 2 照明光の波長に関して偏波依存性を有している場合であっても、その特性に応じた偏光光を合波部に入射させることができる。これにより、第 1 及び第 2 照明光を効率よく合波することができ、合波によって最終的に得られる照明光の輝度向上を図ることができる。

また、本発明の好ましい態様としては、合波部は、光の透過及び反射を利用する光合成素子であり、第 2 照明光のピーク波長が、所定方向の直線偏光に関する光合成素子による透過又は反射の第 1 エッジ波長と、所定方向に対して直交方向の直線偏光に関する光合成素子による透過又は反射の第 2 エッジ波長との間の較差発生領域に設定されていることが望ましい。この場合、光合成素子の透過反射特性において S、P の両偏光に対するエッジ波長の差が大きく無視できない較差発生領域が存在していても、これを補償した合波により輝度向上を図ることができる。

また、本発明の好ましい態様としては、第 1 照明光が、較差発生領域の外側に

おいてこの較差発生領域に近接して中心波長が設定されていることが望ましい。この場合、第1照明光と第2照明光との波長差を小さくすることができるので、実質的に同一色で高輝度の照明光を発生させることできる。

また、本発明の好ましい態様としては、合波部は、ダイクロイックミラーであることが望ましい。この場合、簡単な構造の光学素子によって効率よい合波が可能になる。

また、本発明の好ましい態様としては、第1及び第2光源は、固体光源であることが望ましい。この場合、光源制御が容易でありながら、特定波長光の輝度を高めることができる。

また、本発明の好ましい態様としては、偏光変換部は、第2光源からの射出光が入射するロッドインテグレータと、このロッドインテグレータの射出端に配設される反射型偏光板と、ロッドインテグレータを通過した反射型偏光板からの戻り光をロッドインテグレータの入射端に戻す反射部と、を有することが望ましい。この場合、反射型偏光板によって反射された戻り光も反射部等によって再利用されるので、所定方向の直線偏光である第2照明光を無駄なく効率的に取り出すことができる。

また、本発明の好ましい態様としては、偏光変換部は、第2光源からの射出光が順次入射する一対の偏光ビームスプリッタと、後段の偏光ビームスプリッタの射出側に配設される波長板と、を備えることが望ましい。この場合、偏光度の高い第2照明光を無駄なく効率的に取り出すことができる。

また、本発明の好ましい態様としては、第1及び第2照明光が、3原色のいずれか1色にともに属することが望ましい。この場合、色純度を損なうことなく、3原色のいずれかの輝度を容易に高めることができる。

さらに、本発明によれば、ピーク波長が異なる第1及び第2照明光をそれぞれ発生する第1及び第2光源を有する光源装置と、前記第1及び第2照明光が入射した場合に、当該第1及び第2照明光を合波して射出する合波部と、前記第2照明光を所定方向の直線偏光に変換して前記合波部に入射させる偏光変換部と、を

備える照明装置と、照明装置によって照明される空間光変調装置と、空間光変調装置の像を投写する投写レンズと、を備えるプロジェクタを提供することができる。

上記のプロジェクタは、上述の照明装置を組み込んでいるので、第1及び第2照明光を効率よく合波することができる。これにより、合波によって最終的に得られる照明光の輝度を向上し、高い輝度の画像を投写することができる。

また、本発明の好ましい態様によれば、第1及び第2照明光が、3原色のいずれか1色とともに属し、3原色のうち第1及び第2照明光とは異なる他の2色にそれぞれ属する第3及び第4照明光をそれぞれ発生する第3及び第4光源をさらに有し、空間光変調装置は、第1及び第2照明光と、第3照明光と、第4照明光とがそれぞれ入射した場合に、第1及び第2照明光と、第3照明光と、第4照明光とをそれぞれ個別に変調する3つの空間光変調装置であって、各空間光変調装置からの変調光を合成して射出する光合成部材をさらに有し、投写レンズは、光合成部材を経て合成された3つの空間光変調装置の像を投写することが望ましい。

上記のプロジェクタは、上述の照明装置を組み込んでいるので、第1及び第2照明光を効率よく合波することができる。これにより、合波によって最終的に得られる3原色の照明光の輝度を向上し、3つの空間光変調装置を利用して高い輝度のカラー画像を投写することができる。

また、本発明の好ましい態様によれば、空間光変調装置は、液晶ライトバルブであることが望ましい。この場合、小型の装置によって高輝度で高精細の画像を投写することができる。

さらに、本発明によれば、第1照明光を供給する第1光源と、第1照明光と異なる波長領域の第2照明光を供給する第2光源と、の少なくとも2つの光源を備える光源部と、それぞれ異なる方向から進行してくる第1照明光と第2照明光とを合成して射出する合波部と、を有し、光源部と前記合波部とは、第1照明光の合波部に対する入射角度と第2照明光の合波部に対する入射角度とが略同一であり、かつ45°未満となるように設けられていることを特徴とする照明装置を

提供できる。

合波部として、例えば、ダイクロイックミラーを用いることができる。ダイクロイックミラーには、膜厚、屈折率、積層数が制御された誘電体多層膜が形成されている。そして、上述したように、ダイクロイックミラーの透過率特性又は反射率特性が大きく切換わる領域の遮断周波数である波長（以下、「エッジ波長」という。）がP偏光光とS偏光光とでは、それぞれ異なっている。一般にダイクロイックミラーは、入射角度が45°を中心にして所定の角度範囲の光に対して所望の透過率特性又は反射率特性が得られるように設計されている場合が多い。この場合、P偏光光のエッジ波長と、S偏光光のエッジ波長とは数10nm程度以上異なってしまうこともある。ここで、ダイクロイックミラーの反射率特性又は透過率特性は、光の入射角度に依存する。つまり、ダイクロイックミラーに対する光の入射角度を変化させると、反射率特性や透過率特性も変化する。

本発明では、まず、光源部と合波部とは、第1照明光の合波部に対する入射角度と第2照明光の合波部に対する入射角度とが略同一である。合波部の代表例として一枚のダイクロイックミラーを考える。第1照明光は、ダイクロイックミラーの第1面側から入射する。第2照明光は、ダイクロイックミラーの第1面とは異なる第2面側から入射する。そして、ダイクロイックミラーは、第1面側から入射した第1照明光を反射して所定方向へ導くことができる。また、ダイクロイックミラーは、第2面側から入射した第2照明光を透過して所定方向へ導くことができる。これにより、合波部であるダイクロイックミラーは、第1照明光と第2照明光とを合成して同一の方向へ導くことができる。本発明では、第1照明光と第2照明光とは、それぞれ異なる方向から合波部に入射する。例えば、上記代表例では、第1照明光は第1面側から入射し、第2照明光は第2面側から入射する。そして、それぞれの照明光の入射角度を同一としている。ここで、入射角度とは、入射面の法線と入射光線とのなす角度をいう。このため、ダイクロイックミラーを反射した第1照明光と、透過した第2照明光とは、同一方向に合成されて射出する。これにより、2つの照明光の合成を正確に行うことができる。

さらに、本発明では、第1照明光の合波部に対する入射角度と第2照明光の合波部に対する入射角度とが45°未満となるように構成されている。光の入射角度が略ゼロ、即ち垂直入射の場合、P偏光やS偏光等の偏光状態は関係なくなってしまう。従って、垂直入射の場合は、入射光の偏光状態の影響を受ける割合が低減される。このことから理解されるように、光の入射角度を垂直、即ち略ゼロとなる方向へ近づけるに従って、ダイクロイックミラーの透過率特性又は反射率特性の偏光依存性の影響が低減される。この結果、入射角度を45°未満にすると、ダイクロイックミラーのP偏光光のエッジ波長と、S偏光光のエッジ波長との差を小さくできる。これにより、第1照明光のピーク波長と、第2照明光のピーク波長とを近づけることができる。従って、近接したピーク波長の2つの照明光を上述のように正確に合成することで、高い色純度で高輝度の照明光を供給できる。

また、本発明の好ましい態様によれば、光源部は、第1照明光と第2照明光とは異なる波長領域の第3照明光を供給する1つ以上の第3光源をさらに備え、合波部は、第1照明光と第2照明光とを合成して射出する第1合波素子と、第1合波素子から射出された合成光と第3照明光とを合成して射出する第2合波素子との、少なくとも2つの合波素子からなり、第3光源と第2合波素子とは、第3照明光の第2合波素子に対する入射角度と合成光の第2合波素子に対する入射角度とが略同一であり、かつ45°未満となるように設けられていることが望ましい。本態様は、合波部として、少なくとも2つの第1合波素子と第2合波素子とを備えている。第1合波素子と第2合波素子とは、それぞれ第1ダイクロイックミラーと第2ダイクロイックミラーとを用いることができる。そして、第1合波素子である第1ダイクロイックミラーは、上述のように第1照明光と第2照明光とを合成して高い色純度で高輝度な合成光を射出する。さらに、第2合波素子である第2ダイクロイックミラーは、この合成光と第3色光とを、第1合波素子と同様に合成して高い色純度の高輝度な照明光を得ることができる。本態様では、第1照明光と第2照明光と第3照明光との3つのピーク波長が近接している少な

くとも3つの照明光を合成できる。このため、さらに高輝度な照明光を得られる。

また、本発明の好ましい態様によれば、合波部は、光の透過作用と反射作用とを用いる光合成素子であり、光合成素子は、所定の振動方向の直線偏光光に対する透過特性又は反射特性が切換わる第1エッジ波長と、所定の振動方向に略直交する振動方向の直線偏光光に対する透過特性又は反射特性が切換わる第2エッジ波長とが異なり、第1エッジ波長と第2エッジ波長との間の波長領域と少なくとも一部の波長領域が重複する第1照明光と第2照明光との少なくとも一方の照明光を、所定の振動方向の直線偏光光又は所定の振動方向に略直交する振動方向の直線偏光光へ変換する偏光変換部をさらに有することが望ましい。光合成素子として、例えばダイクロイックミラーを用いる場合、第1エッジ波長と第2エッジ波長との間の波長領域では、例えばP偏光光とS偏光光との反射率特性又は透過率特性が異なる。このため、ダイクロイックミラーに入射した非偏光光、即ちランダムな偏光光のうち、第1エッジ波長と第2エッジ波長との間の波長領域と少なくとも一部の波長領域が重複する場合がある。この場合、本来すべての入射光を透過させたいのに一部がダイクロイックミラーで反射してしまい光量損失すること、及び本来すべて入射光を反射させたいのに一部がダイクロイックミラーで透過してしまい光量損失することが生ずる。本態様では、第1エッジ波長と第2エッジ波長との間の波長領域と少なくとも一部の波長領域が重複する第1照明光と第2照明光との少なくとも一方の照明光を、所定の振動方向の直線偏光光又は所定の振動方向に略直交する振動方向の直線偏光光へ変換する偏光変換部をさらに設けている。これにより、全ての照明光の光量損失を低減して高輝度な照明光を得ることができる。

さらに、本発明によれば、第1照明光を供給する第1光源と、第1照明光と異なる波長領域の第2照明光を供給する第2光源と、の少なくとも2つの光源を備える光源部と、それぞれ異なる方向から進行してくる第1照明光と第2照明光とを合成して射出する合波部と、を備える照明装置と、照明装置からの照明光を画像信号に応じて変調する空間光変調装置と、変調された光を投写する投写レンズ

と、を有し、照明装置は、光源部と合波部とが、第1照明光の合波部に対する入射角度と第2照明光の合波部に対する入射角度とが略同一であり、かつ45°未満となるように設けられていることを特徴とするプロジェクタを提供できる。上述した照明装置を有していることから、空間光変調措置を高い色純度の高輝度な照明光で照明できる。これにより、明るく高い色純度の投写像を得ることができる。

#### 図面の簡単な説明 (BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS)

図1は、本発明の実施例1に係るプロジェクタの構造を示す図である。

図2は、実施例1のプロジェクタの動作を説明する図である。

図3は、本発明の実施例2に係るプロジェクタの一部を説明する図である。

図4は、ダイクロイックミラーの透過特性を説明する図である。

図5は、実施例3のプロジェクタの一部を説明する図である。

図6は、本発明の実施例4に係るプロジェクタの構造を説明する図である。

図7は、実施例4のプロジェクタの動作を説明する図である。

図8は、本発明の実施例5に係るプロジェクタの構造を説明する図である。

図9は、実施例5のプロジェクタの動作を説明する図である。

図10は、階調表現時間を説明する図である。

図11は、本発明の実施例6に係るプロジェクタの構造を示す図である。

図12は、図11の偏光変換素子の構造を説明する図である。

図13は、ダイクロイックミラーの特性を説明する図である。

図14は、実施例8の偏光変換素子の構造を説明する図である。

図15A、図15Bは、実施例9の照明装置の構造を説明する図である。

図16は、ダイクロイックミラーの透過特性を説明するグラフである。

図17は、本発明の実施例10に係るプロジェクタの構造を示す図である。

図18は、実施例10のプロジェクタの動作を説明する図である。

図19は、実施例11の照明装置の概略構成図である。

図20Aは、本発明の照明装置のダイクロイックミラーの光学特性図である。

図20Bは、従来の照明装置のダイクロイックミラーの光学特性図である。

図21は、本発明の実施例12に係る照明装置の概略構成図である。

図22は、実施例12のダイクロイックミラーの光学特性図である。

図23は、本発明の実施例13に係る照明装置の概略構成図である。

図24は、ダイクロイックミラーの光学特性図である。

図25は、本発明の実施例14に係るプロジェクタの概略構成図である。

図26は、本発明の実施例15に係るプロジェクタの概略構成図である。

#### 発明の詳細な説明 (DETAILED DESCRIPTIONS)

以下に図面を参照して本発明をさらに詳しく説明する。

図1は、本発明の実施例1に係るプロジェクタ10の構造を概念的に説明するブロック図である。プロジェクタ10は、照明装置20と、光変調装置30と、投写レンズ40と、制御装置50とを備える。ここで、照明装置20は、G光用照明装置21と、B光用照明装置23と、R光用照明装置25と、光源駆動装置27とを有する。また、光変調装置30は、空間光変調装置である3つの透過型液晶ライトバルブ31、33、35と、光合成部材であるクロスダイクロイックプリズム37と、各透過型液晶ライトバルブ31、33、35に駆動信号を出力する素子駆動装置38とを有する。

照明装置20において、G光用照明装置21は、中心波長が比較的近い一対の照明光を発生する第1光源であるLED21a及び第2光源であるLED21bと、これらLED21a、21bからの照明光を集光する凹面反射鏡21dと、両LED21a、21bからの照明光を合波する光合成素子であるダイクロイックミラーDMとを備える。ここにおいて、LED21a、21b及び凹面反射鏡21dは、光源装置を構成する。

LED21a、21bは、3原色のうち緑(G)の範疇に含まれ、中心波長の異なる一対のG1光及びG2光をそれぞれ発生する。LED21aからの第1照

明光IG1は、凹面反射鏡21dによって無駄なく回収されてダイクロイックミラーDMに入射し、このダイクロイックミラーDMで反射されてロッドレンズ21fに入射する。一方、LED21bからの第2照明光IG2も、凹面反射鏡21dによって無駄なく回収されてダイクロイックミラーDMに入射する。ダイクロイックミラーDMに入射した第2照明光IG2は、これを透過し、第1照明光IG1と合波された状態でロッドレンズ21fに入射する。ロッドレンズ21fに入射した第1及び第2照明光IG1, IG2は、ロッドレンズ21fで均一化されて、第1空間光変調装置であるG光用の透過型液晶ライトバルブ31に入射する。なお、ロッドレンズ21fは、ロッドインテグレータとも呼ばれ、側面を反射面とした円柱又は角柱であり、これに入射した各種入射角度の光束を波面分割と重畠とによって均一化して出力する。

B光用照明装置23は、第3光源であるLED23aと、凹面反射鏡23dと、ロッドレンズ23fとを備える。ここにおいて、LED23a及び凹面反射鏡23dは、光源装置を構成する。LED23aは、3原色のうち青(B)の範疇に含まれるB光を発生する。LED23aからの第3照明光IBは、凹面反射鏡23dによって無駄なく回収されてロッドレンズ23fに入射する。ロッドレンズ23fに入射した第3照明光IBは、ロッドレンズ23fで均一化されて、第2空間光変調装置であるB光用の透過型液晶ライトバルブ33に入射する。

R光用照明装置25は、第4光源であるLED25aと、凹面反射鏡25dと、ロッドレンズ25fとを備える。ここにおいて、LED25a及び凹面反射鏡25dは、光源装置を構成する。LED25aは、3原色のうち赤(R)の範疇に含まれるR光を発生する。LED25aからの第4照明光IRは、凹面反射鏡25dによって無駄なく回収されてロッドレンズ25fに入射する。ロッドレンズ25fに入射した第4照明光IRは、ロッドレンズ25fで均一化されて、第3空間光変調装置であるR光用の透過型液晶ライトバルブ35に入射する。

各透過型液晶ライトバルブ31, 33, 35にそれぞれ入射した各照明装置21, 23, 25からの光は、これら透過型液晶ライトバルブ31, 33, 35に

よってそれぞれ2次元的に変調される。各透過型液晶ライトバルブ31, 33, 35をそれぞれ通過した各色光は、光合成部材であるクロスダイクロイックプリズム37で合成されて、その一側面から射出する。クロスダイクロイックプリズム37から射出した合成光の像は、投写レンズ40に入射してプロジェクタ10外部に設けたスクリーン（不図示）に適当な拡大率で投影される。つまり、プロジェクタ10によって、各透過型液晶ライトバルブ31, 33, 35に形成された各色G1, G2, B, Rの画像を合成した画像が、動画又は静止画としてスクリーン上に投写される。なお、図示を省略しているが、各透過型液晶ライトバルブ31, 33, 35の周辺の適所には、これらの透過型液晶ライトバルブ31, 33, 35を偏光光で照明し読み出すため、偏光板が配置されている。

制御装置50は、光源駆動装置27に制御信号を出力して、各照明装置21, 23, 25に設けた各LED21a, 21b, 23a, 25aの発光タイミング及び発光強度を調節する。具体的に説明すると、LED21aは、1フレームの表示期間を2分割した前半のサブフレームで点灯し、LED21bは、後半のサブフレームで点灯する。また、LED23a, 25aは、1フレームの表示期間に亘ってそれぞれ並行して点灯する。この際、LED21a, 21bの発光強度は、LED21bを用いずG光についてはLED21aからの照明光を単独で使う場合の、例えば2倍とすることができる。

また、制御装置50は、素子駆動装置38に制御信号を出力して、各液晶ライトバルブ31, 33, 35に投写画像の輝度に対応する2次元的な偏光特性分布を形成する。具体的に説明すると、G光用の透過型液晶ライトバルブ31は、1フレームの表示期間を2分割した前半のサブフレームでG1の投写画像の輝度に対応する表示状態をとり、後半のサブフレームでG2の投写画像の輝度に対応する表示状態をとる。また、B光用の透過型液晶ライトバルブ33、R光用の透過型液晶ライトバルブ35は、1フレームの表示期間に亘ってそれぞれB、Rの投写画像の輝度に対応する表示状態をとる。

図2は、本実施例のプロジェクタ10の動作を説明するタイミングチャートで

ある。図2において (a) を付したチャートは、G 1 の輝度信号の書き込み期間を示す。 (b) を付したチャートは、G 1 光の照射期間を示す。これと同様に、 (c) 、 (e) 、 (g) を付したチャートは、それぞれG 2 の輝度信号、B の輝度信号、R の輝度信号の書き込み期間を示す。 (d) 、 (f) 、 (h) を付したチャートは、それぞれG 2 光、B 光、R 光の照射期間を示す。なお、透過型液晶ライトバルブを用いる場合、液晶の応答を待ってLEDを照射する。このため、G 1 光、G 2 光、B 光、R 光は、それぞれ図2に示す照射期間のうちの一部の期間において照射する。

(a) を付したチャートから明らかなように、前半サブフレームF 1 の最初にG 1 光に対応するG 光用の透過型液晶ライトバルブ3 1 へのG 1 の輝度信号の書き込みが行われる。そして、 (b) を付したチャートに示すように、G 1 光に対応するLED2 1 a が点灯して、第1 照明光I G 1 によるG 光用の透過型液晶ライトバルブ3 1 の照明が行われる。また、 (c) を付したチャートから明らかなように、後半サブフレームF 2 の最初に、G 2 光に対応するG 光用の透過型液晶ライトバルブ3 1 へのG 2 の輝度信号の書き込みが行われる。そして、 (d) を付したチャートに示すように、G 2 光に対応するLED2 1 b が点灯して、第2 照明光I G 2 によるG 光用の透過型液晶ライトバルブ3 1 の照明が行われる。以上の動作と並行して、 (e) を付したチャートに示すように、1 フレーム期間F の最初に、B 光に対応するB 光用の透過型液晶ライトバルブ3 3 へのB の輝度信号の書き込みが行われる。そして、 (f) を付したチャートに示すように、B 光に対応するLED2 3 a が点灯して、第3 照明光I B によるB 光用の透過型液晶ライトバルブ3 3 の照明が行われる。同様にして、 (g) を付したチャートに示すように、1 フレーム期間F の最初に、R 光に対応するR 光用の透過型液晶ライトバルブ3 5 へのR の輝度信号の書き込みが行われる。そして、 (h) を付したチャートに示すように、R 光に対応するLED2 5 a が点灯して、第4 照明光I R によるR 光用の透過型液晶ライトバルブ3 5 の照明が行われる。

以上の動作において、LED2 1 a, 2 1 b の駆動電流は、例えば定格電流の

2倍程度としており、LED 21a, 21bの発光輝度は、通常の2倍程度となっている。これにより、1フレーム期間Fの半分の時間しかないサブフレーム期間F1, F2でLED 21a, 21bを点灯しても、LED 23a, 25aと同等程度の輝度を確保することができる。また、LED 21a, 21bの発光輝度自体を、駆動電流の調節によってLED 23a, 25aの発光輝度の2倍とすることもできる。

一方、LED 21a, 21bの発光輝度や、LED 23a, 25aの発光輝度は、互いに等しくする必要は必ずしもない。例えば、白色レベルが光学系やスクリーン等の影響を受ける場合、このような影響を相殺するように、LED 21a, 21b相互の発光強度比や、これらのLED 23a, 25aに対する強度比を適宜変更又は調節することができる。また、投写すべき画像の色調に一定の傾向がある場合や特定の色を強く表現したい場合、LED 21a, 21b相互の発光強度比や、LED 23a, 25aに対する強度比を適宜変更することができる。この場合、特定色のコントラストを高めることができ、多様なカラー画像を提供することができる。

また、以上の例では、1フレーム期間Fを2等分してサブフレームF1, F2を形成しているが、1フレーム期間Fを適当な時間比で一対のサブフレームに分割することもできる。この場合、必要ならばLED 21a, 21bの発光輝度をサブフレームの時間の逆数に比例するものとすることができます。例えばLED 21aに対応するG1光用のサブフレーム時間と、LED 21bに対応するG2光用のサブフレーム時間との比をA : Bとすると、LED 21aの発光輝度若しくは駆動電流と、LED 21bの発光輝度若しくは駆動電流との比を、例えば(1/A) : (1/B)とすることができます。

以上の説明から明らかなように、本発明のプロジェクタ10によれば、プロジェクタの装置構造をあまり複雑化することなく、G1光、G2光、B光、R光による高輝度でバランス良い4原色表現が可能になるので、色再現範囲を簡易に拡大することができる。なお、以上の説明において、第1及び第2照明光G1光、

G 2 光の双方を便宜上緑 (G) の範疇 (約 490 ~ 580 nm) に含まれるものとして説明しているが、第 1 及び第 2 照明光 G 1 光、G 2 光のいずれか一方は、緑 (G) の範疇からはずれて赤 (R) や青 (B) の範疇に含まれるものであってもよい。

次に、本発明の実施例 2 に係るプロジェクタについて説明する。上記実施例 1 と同一の部分には同一の符号を付し、重複する説明は省略する。このプロジェクタの構造は、上記実施例 1 のプロジェクタ 10 とほぼ同様であるが、ダイクロイックミラー DM と、第 2 光源である LED 21b との間に、以下に詳述する偏光変換部すなわち偏光変換部が配置されている点で、実施例 1 と異なる。LED 21a の中心波長と LED 21b の中心波長とが近接する場合には、ダイクロイックミラー DM と LED 21b との間に偏光変換部を設けることで、さらに効率的に合波できるからである。

図 3 は、偏光変換部 PC 1 の構造を説明する図である。この偏光変換部 PC 1 は、均一化のためのロッドレンズ 161 と、偏光状態を変更するための  $\lambda/4$  波長板 162 と、偏光成分を抽出するための反射型偏光板 163 とを備える。LED 21b から周囲に射出した第 2 照明光 IG 2 は、直接或いは凹面反射鏡 21d を介して、端部 P1 側からロッドレンズ 161 に入射する。ロッドレンズ 161 に入射した第 2 照明光 IG 2 は、他方の端部 P2 から射出して  $\lambda/4$  波長板 162 及び反射型偏光板 163 を順次通過する。この  $\lambda/4$  波長板 162 を通過することによって、第 2 照明光 IG 2 のうち直線偏光成分は円偏光に変換される。また、反射型偏光板 163 を通過することにより、第 2 照明光 IG 2 のうち P 偏光のみが選択的に通過する。なお、反射型偏光板 163 で反射された第 2 照明光 IG 2 は、主に S 偏光のみとなっているが、 $\lambda/4$  波長板 162 を通過することによって円偏光に変換されて端部 P2 からロッドレンズ 161 に戻される。ロッドレンズ 161 に戻された第 2 照明光 IG 2 は、凹面反射鏡 21d に達した後逆行してロッドレンズ 161 に戻され、再度  $\lambda/4$  波長板 162 及び反射型偏光板 163 に入射する。このような再入射光は、 $\lambda/4$  波長板 162 によって円偏光か

らP偏光に変換されて効率よく反射型偏光板163を通過する。以上の説明から明らかのように、反射型偏光板163からダイクロイックミラーDMに入射する第2照明光IG2は、LED21bからの光を効率よくP偏光にのみ変換したものとなっている。

ここで、ダイクロイックミラーDMは、以下に詳述するように、第1照明光IG1を偏光方向に拘わらずほぼ100%反射するが、第2照明光IG2については、S偏光だけを反射してP偏光を透過させる。よって、図3に示すように第2照明光IG2をP偏光に変換することで、両LED21a, 21bからの照明光IG1, IG2をそれぞれ極めて低損失で合波することができる。また、両LED21a, 21bがともに光軸上に配置されるので、両LED21a, 21bからの照明光IG1, IG2の特性をそろえて図1に示すG光用の透過型液晶ライトバルブ31に入射させることができる。従って、G光用の透過型液晶ライトバルブ31による照明光IG1, IG2の利用効率を高めることができる。

反射型偏光板163としては、グリッド型偏光子を用いることができる。グリッド型偏光子は、光透過性の基板上にA1等のストライプを数百nm程度のピッチで周期的に形成して構成されている。そして、グリッド型偏光子は、入射光のうち所定方向の偏光光のみを選択的に透過させるとともに残りを反射させる。このように、グリッド型偏光子は、吸収による光量損失が少ないという利点を有する。

図4は、ダイクロイックミラーDMの特性を説明するグラフである。グラフにおいて、横軸は波長(nm)を示し縦軸は透過率(%)を示す。このダイクロイックミラーDMは、ハイパスフィルタであるが、その正面が光軸に対して45°傾いているため、透過率が偏波依存性を有する。つまり、P偏光の透過端に相当する第1エッジ波長 $\lambda_E 1$ は約490nmであり、S偏光の透過端に相当する第2エッジ波長 $\lambda_E 2$ は例えば530nmである。このグラフにはLED21a, 21bからの第1及び第2照明光IG1, IG2の輝度分布が任意単位(縦軸)で重ねて表示されている。グラフからも明らかのように、照明光IG1の中心波

長 $\lambda G 1$ は、第1エッジ波長 $\lambda E 1$ よりも短波長側に設定されている。

また、照明光IG2の中心波長 $\lambda G 2$ は、第1エッジ波長 $\lambda E 1$ と第2エッジ波長 $\lambda E 2$ との間、すなわちP偏光及びS偏光間で透過率が異なる較差発生領域に設定されている。これにより、LED21aからの第1照明光IG1は、ダイクロイックミラーDMでほぼ100%反射される。一方、LED21bからの第2照明光IG2は、偏光変換部PC1を経て高効率でP偏光に変換されるので、ダイクロイックミラーDMを高い割合で透過する。つまり、一対の近接する照明光IG1, IG2を効率良く合波することができ、G光用の透過型液晶ライトバルブ31を高輝度で順次照明することができる。

なお、LED21aからの第1照明光IG1をダイクロイックミラーDMに透過させるとともに、LED21bからの第2照明光IG2をダイクロイックミラーDMで反射させる構成としても、第1及び第2照明光IG1, IG2の合波を行うことができる。例えば、第2照明光IG2の中心波長 $\lambda G 2$ を、一対のエッジ波長 $\lambda E 1$ ,  $\lambda E 2$ の間に設定し、第1照明光IG1の中心波長 $\lambda G 1$ を、第2エッジ波長 $\lambda E 2$ よりも長波長側に設定する。このとき、LED21aからの第1照明光IG1'は、ダイクロイックミラーDMを高い割合で透過する。また、偏光変換部PC1は、入射光のうちS偏光のみを選択的に透過するように設ける。LED21bからの第2照明光IG2は、偏光変換部PC1を経てS偏光に変換され、ダイクロイックミラーDMでほぼ100%反射される。この結果、両LED21a, 21bからの両照明光IG1, IG2を合波するときの両照明光IG1, IG2の損失を低減することができる。

図5は、実施例3に係るプロジェクタに用いるG光用照明装置221の構造を説明する図である。上記実施例1と同一の部分には同一の符号を付し、重複する説明は省略する。本実施例のプロジェクタは、図1に示す実施例1のプロジェクタ10とほぼ同様の構造を有する。本実施例のプロジェクタは、上記実施例1のプロジェクタ10におけるダイクロイックミラーに代えて、ロッドレンズを用いて第1及び第2照明光IG1, IG2を合波していることを特徴とする。

第1光源であるLED21aからの第1照明光IG1は、凹面反射鏡21dによって無駄なく回収されてロッドレンズ221fの一端に入射し、このロッドレンズ221fで反射されつつ進行してG光用の透過型液晶ライトバルブ31に入射する。また、第2光源であるLED21bからの第2照明光IG2も、凹面反射鏡21dによって無駄なく回収されてロッドレンズ221fの一端に入射し、このロッドレンズ221fで反射されつつ進行してG光用の透過型液晶ライトバルブ31に入射する。この場合も、両LED21a, 21bからの両照明光IG1, IG2を合波するときの両照明光IG1, IG2の損失を低減することができる。また、G光用の透過型液晶ライトバルブ31を高輝度な照明光で順次照明することができる。

図6は、実施例4のプロジェクタ310の構造を概念的に説明するブロック図である。上記実施例1と同一の部分には同一の符号を付し、重複する説明は省略する。このプロジェクタ310は、照明装置320と、光変調装置330と、投写レンズ（不図示）と、制御装置350とを備える。

照明装置320は、第1, 第2, 第3, 第4光源であるLED21a, 21b, 23a, 25aと、これらの光源からの光を重畠して照明するフライアイ光学系328a, 328b, 328dと、LED21a～25aの発光強度や発光タイミングを調節する光源駆動装置327とを有する。各LED21a, 21b, 23a, 25aは、それぞれG1光に対応する第1照明光IG1と、G2光に対応する第2照明光IG2と、B光に対応する第3照明光IBと、R光に対応する第4照明光IRとを射出する。各LED21a～25aからの照明光IG1, IG2, IB, IRは、それぞれ直接或いは凹面反射鏡21d, 21d, 23d, 25dを介してフライアイレンズ328a, 328bに入射し、それぞれ所定の角度で発散しつつ重畠レンズ328dに入射する。重畠レンズ328dで集光された各照明光IG1, IG2, IB, IRは、光変調装置330に重畠して入射する。

光変調装置330は、空間光変調装置である単一の透過型液晶ライトバルブ3

31と、透過型液晶ライトバルブ331に駆動信号を出力する素子駆動装置338とを有する。

制御装置350は、光源駆動装置327に制御信号を出力して、照明装置320に設けた各LED21a, 21b, 23a, 25aの発光タイミング及び発光強度を調節する。具体的に説明すると、LED21aは、1フレーム期間を3分割したGフレーム部分をさらに2分割した前半のサブフレームで点灯し、LED21bは、後半のサブフレームで点灯する。また、LED23a, 25aは、1フレームの表示期間を3分割したBフレーム部分及びRフレーム部分に亘って順次点灯する。

また、制御装置50は、素子駆動装置338に制御信号を出力して、透過型液晶ライトバルブ331に各色の投写画像の輝度に対応する2次元的な偏光特性分布を形成する。具体的に説明すると、透過型液晶ライトバルブ331は、Gフレーム部分の表示期間を2分割した前半のサブフレームでG1光の投写画像の輝度に対応する表示状態をとり、後半のサブフレームでG2光の投写画像の輝度に対応する表示状態をとる。また、透過型液晶ライトバルブ331は、Bフレーム部分及びRフレーム部分の表示期間に亘ってそれぞれB光及びR光の画像に対応する表示状態をとる。

図7は、本実施例のプロジェクタ310の動作を説明するタイミングチャートである。図7において(a)を付したチャートは、G1の輝度信号の書き込み期間を示す。(b)を付したチャートは、G1光の照射期間を示す。これと同様に、(c)、(e)、(g)を付したチャートは、それぞれG2の輝度信号、Bの輝度信号、Rの輝度信号の書き込み期間を示す。(d)、(f)、(h)を付したチャートは、G2光、B光、R光の照射期間を示す。

(a)を付したチャートから明らかかなように、最初のGフレーム部分FGのうちの前半サブフレームFG1の最初に、透過型液晶ライトバルブ331へのG1光の輝度信号の書き込みが行われる。そして、(b)を付したチャートに示すように、第1照明光IG1による透過型液晶ライトバルブ331の照明が行われる。

また、(c) を付したチャートに示すように、G フレーム部分 F G のうちの後半サブフレーム F G 2 の最初に、透過型液晶ライトバルブ 3 3 1 への G 2 光の輝度信号の書き込みが行われる。そして、(d) を付したチャートに示すように、第 2 照明光 I G 2 による透過型液晶ライトバルブ 3 3 1 の照明が行われる。

なお、(e) を付したチャートに示すように、最後の B フレーム部分 F B では、最初に透過型液晶ライトバルブ 3 3 1 への B 光の輝度信号の書き込みが行われる。そして、(f) を付したチャートに示すように、第 3 照明光 I B による透過型液晶ライトバルブ 3 3 1 の照明が行われる。同様にして、(g) を付したチャートに示すように、中間の R フレーム部分 F R では、最初に透過型液晶ライトバルブ 3 3 1 への R 光の輝度信号の書き込みが行われ。そして、(h) を付したチャートに示すように、第 4 照明光 I R による透過型液晶ライトバルブ 3 3 1 の照明が行われる。

以上の動作において、LED 2 1 a, 2 1 b の駆動電流は、例えば定格電流の 2 倍程度としてあり、LED 2 1 a, 2 1 b の発光輝度は、通常の 2 倍程度となっている。ただし、LED 2 1 a, 2 1 b 相互の発光強度比や、LED 2 3 a, 2 5 a に対する強度比は、用途等に応じて適宜変更・調節することができる。

実施例 5 のプロジェクタは、上記実施例 1 のプロジェクタ 1 0 を変形したものであり、透過型液晶ライトバルブの代わりにデジタルミラーデバイス（以下、「DMD」という。テキサスインスツルメント社製）を用いている。上記実施例 1 と同一の部分には同一の符号を付し、重複する説明は省略する。

図 8 は、実施例 5 のプロジェクタ 4 1 0 の構造を概念的に説明するブロック図である。このプロジェクタ 4 1 0 は、照明装置 4 2 0 と、光変調装置でありティルトミラーデバイスとも呼ばれるデジタルミラーデバイス 4 3 0 と、投写レンズ 4 0、制御装置 4 5 0 とを備える。ここで、照明装置 4 2 0 は、G 光用光源装置 4 2 1 と、B 光用光源装置 4 2 3 と、R 光用光源装置 4 2 5 と、光源駆動装置 4 2 7 と、クロスダイクロイックプリズム 4 2 8 a と、ロッドレンズ 4 2 8 b とを有する。

照明装置420において、G光用光源装置421は、一対の第1及び第2光源であるLED21a, 21bと、これらLED21a, 21bからの照明光IG1, IG2を集光する凹面反射鏡21dと、両LED21a, 21bからの照明光IG1, IG2を合波する合波部であるダイクロイックミラーDMとを備える。LED21aからの第1照明光IG1は、凹面反射鏡21dによって無駄なく回収されてダイクロイックミラーDMに入射し、このダイクロイックミラーDMで反射されてクロスダイクロイックプリズム428aに入射する。一方、LED21bからの第2照明光IG2は、凹面反射鏡21dによって無駄なく回収されてダイクロイックミラーDMに入射してこれを透過し、第1照明光IG1と合波された状態でクロスダイクロイックプリズム428aに入射する。

B光用光源装置423は、第3光源であるLED23aと、凹面反射鏡23dとを備える。第3光源であるLED23aからの第3照明光IBは、凹面反射鏡23dによって無駄なく回収されてクロスダイクロイックプリズム428aに入射する。

R光用光源装置425は、第4光源であるLED25aと、凹面反射鏡25dとを備える。第4光源であるLED25aからの第4照明光IRは、凹面反射鏡25dによって無駄なく回収されてクロスダイクロイックプリズム428aに入射する。

クロスダイクロイックプリズム428aでは、各光源装置421, 423, 425からの照明光IG1, IG2, IB, IRが合波され、ロッドレンズ428bでは、照明光IG1, IG2, IB, IRが均一化される。

ロッドレンズ428bから射出されたRGBの合成光は、レンズ429a及びミラー529bを経てDMD430上に均一に照射する。この際、レンズ429aの位置及び焦点距離を適宜調節することにより、DMD430を均一に照明することができる。

DMD430は、公知の構造を有し、2次元マトリックス状に配列されて画素を構成する多数のマイクロミラーと、これらマイクロミラーの姿勢を個別に調節

するアクチュエータと、これらアクチュエータの動作を制御する制御回路とを基板上に一体的に形成したものである。このDMD 430に適当な画像信号を入力することにより、各画素に対応するマイクロミラーからの反射光が投写レンズ40の瞳に入射させる状態（ON状態）、又は入射させない状態（OFF状態）に制御できる。そして、投写レンズ40によってDMD 430に入力された画像信号に対応する画像がスクリーン（不図示）上に投写される。

図9は、本実施例のプロジェクタ410における1フレームの動作を説明する図である。図9の（b）, (c), (d), (e) を付したチャートは、それぞれ（a）を付したチャートに示す1フレーム期間における各色光の階調表現信号を示す。図9の（f）を付したチャートは、クロック信号を示す。（b）を付したチャートに示すG1階調表現信号は、G1階調表現期間GK1に対応し、この間だけLED21a（図8参照）が点灯する。また、（c）を付したチャートに示すG2階調表現信号は、G2階調表現期間GK2に対応し、この間だけLED21b（図8参照）が点灯する。さらに、（d）を付したチャートに示すB階調表現信号は、B階調表現期間BKに対応し、この間LED23a（図8参照）が点灯する。また、（e）を付したチャートに示すR階調表現信号は、R階調表現期間RKに対応し、この間だけLED25a（図8参照）が点灯する。

図10に示すように、G1階調表現期間GK1は、nビットの画像強度に対応してn個の単位時間（ $2^0, 2^1, 2^2, \dots, 2^{(n-1)}$ ）に分割されている。例えばG1光の特定画素の画像信号が最大値であるとき、n個の単位時間の全て、つまりG1階調表現期間GK1のほぼ全期間でDMD430のマイクロミラーをON状態とする。一方、G1光の特定画素の画像信号が最小値であるとき、n個の単位時間の全て、つまりG1階調表現期間GK1のほぼ全期間で、対応するマイクロミラーをOFF状態とする。これにより、G1階調表現期間GK1中、各画素におけるG1光の強度信号に応じてマイクロミラーのON・OFF時間が調節される。同様に、G2階調表現期間GK2、B階調表現期間BK、及びR階調表現期間RKもn個の単位時間に分割され、各画素における強度信号に応じてマイ

クロミラーのON・OFF時間が調節される。

この際、階調表現期間GK1, GK2, BK, RKの比率は、各LED21a, 21b, 23a, 25aの定格の輝度や白色レベルの設定に応じて適宜調整される。

プロジェクタ410は、各LED21a, 21b, 23a, 25aからの照明光IG1, IG2, IB, IRを合波するときの各照明光の損失を低減することができる。このことから、DMD430に効率良く各照明光を入射させることができるので、投写される画像の輝度を高めることができる。さらに、4原色G1, G2, B, Rを用いたカラー画像の投写が可能になるので、色再現範囲を簡易に拡大することができる。

なお、上記各実施例では、G光をG1光とG2光とに分けて4元系カラー表示を行っているが、他の色であるR光、B光の少なくとも一方を2分割してカラー表示を行うこともできる。また、4元系以上のカラー表示を行うこととしても良い。

さらに、上記各実施例ではプロジェクタについて説明したが、投写光学系である投写レンズ40を備えないLCD等の表示装置にも本発明を適用することができる。

図11は、実施例6に係るプロジェクタ510の構造を概念的に説明するブロック図である。上記実施例1と同一の部分には同一の符号を付し、重複する説明は省略する。本実施例のプロジェクタ510は、照明装置520のG光用照明装置21に、偏光変換部PC2を備える。偏光変換部PC2は、第2光源であるLED21bからの照明光を所定の偏光光に変換するための偏光変換部である。

LED21bからの第2照明光IG2は、凹面反射鏡21dによって無駄なく回収されて偏光変換部PC2に入射する。この偏光変換部PC2によってほぼP偏光のみに変換された第2照明光IG2は、ダイクロイックミラーDMに入射してこれを透過し、第1照明光IG1と合波された状態でロッドレンズ21fに入射する。

図12は、偏光変換部PC2の構造を説明する図である。この偏光変換部PC2は、偏光状態を変更するための $\lambda/4$ 波長板552と、特定偏光成分を抽出するための反射型偏光板553とを備える。ここで反射型偏光板553は、上記実施例2の反射型偏光板163（図3参照）と同様のグリッド型偏光子である。

LED21bから正面方向に射出した第2照明光IG2は、 $\lambda/4$ 波長板552にその一方の端部P3から入射する。また、LED21bから側面方向に射出した第2照明光IG2も、反射部である凹面反射鏡21dで反射されて $\lambda/4$ 波長板552の端部P3に入射する。端部P3から入射した光は次に反射型偏光板553を通過する。 $\lambda/4$ 波長板552を通過することによって、第2照明光IG2のうち直線偏光成分は円偏光に変換される。また、反射型偏光板553を通過することにより、第2照明光IG2のうちP偏光のみが選択的に通過する。なお、反射型偏光板553で反射された第2照明光IG2は、主にS偏光のみとなっているが、 $\lambda/4$ 波長板552を通過することによって円偏光に変換されて凹面反射鏡21dに戻される。凹面反射鏡21dで反射した第2照明光IG2は、再度 $\lambda/4$ 波長板552及び反射型偏光板553に入射する。このような再入射光は、 $\lambda/4$ 波長板552によって円偏光からP偏光に変換されて効率よく反射型偏光板553を通過する。以上の説明から明らかのように、反射型偏光板553からダイクロイックミラーDMに入射する第2照明光IG2は、LED21bからの光を高い効率でP偏光にのみ変換したものとなっている。

ここで、ダイクロイックミラーDMは、第1照明光IG1をほぼ100%反射し、P偏光の第2照明光IG1も高い効率で透過する。このため、両LED21a, 21bからの両照明光IG1, IG2を合波するときの両照明光IG1, IG2の損失を低減することができる。この際、両照明光IG1, IG2の波長が近いので、高い色純度かつ高輝度のG光用照明装置521を提供することができる。また、両LED21a, 21bがともに光軸上に配置されるので、両LED21a, 21bからの照明光の特性をそろえてG光用の透過型液晶ライトバルブ31（図11参照）に入射させることができる。従って、G光用の透過型液晶ラ

イトバルブ 3 1 による照明光の利用効率を高めることができる。なお、本実施例のダイクロイックミラーDMの特性は、図4を用いて説明した上記実施例2のダイクロイックミラーDMと同様である。

このように、本実施例のプロジェクタ510によれば、ダイクロイックミラーDM及び偏光変換部PC2を用いて、第1及び第2照明光IG1, IG2を効率よく合波できる。従って、合波によって最終的に得られるG光の色純度を保ちつつ輝度向上を図ることができる。

次に、実施例7に係るプロジェクタについて説明する。このプロジェクタの構造は、図11に示す実施例6のプロジェクタ510とほぼ同様である。本実施例のプロジェクタは、ダイクロイックミラーDMの特性がローパスフィルタである点が、上記実施例6のプロジェクタ510と異なっている。このようにダイクロイックミラーDMの特性のみが異なるため、本実施例のプロジェクタについても図11に示すプロジェクタ510の構成を適宜用いて説明する。

図13は、実施例7に係るプロジェクタに組み込まれるダイクロイックミラーDMの特性を説明するグラフである。このダイクロイックミラーDMも、透過率が偏波依存性を有し、P偏光の透過端に相当する第1エッジ波長 $\lambda_E 1$ （10%透過）は約520nmであり、S偏光の透過端に相当する第2エッジ波長 $\lambda_E 2$ （10%透過）は約490nmである。このグラフには、LED21a, 21b（図11参照）からの第1及び第2照明光IG1, IG2の輝度分布が任意単位（縦軸）で重ねて表示されている。グラフからも明らかのように、第1照明光IG1の中心波長 $\lambda_G 1$ は、第1エッジ波長 $\lambda_E 1$ よりも長波長側に設定されている。また、第2照明光IG2の中心波長 $\lambda_G 2$ は、第1エッジ波長 $\lambda_E 1$ と第2エッジ波長 $\lambda_E 2$ との間に設定されている。これにより、LED21aからの第1照明光IG1は、ダイクロイックミラーDMでほぼ100%反射される。一方、LED21bからの第2照明光IG2は、偏光変換部PC2を経て高効率でP偏光に変換されるので、ダイクロイックミラーDMを高い割合で透過する。

以上の説明では、第1照明光IG1がダイクロイックミラーDMで反射され、

第2照明光IG2がダイクロイックミラーDMを透過するといった構成によって、第1及び第2照明光IG1, IG2の合波を行っている。さらに、図4を用いて説明した実施例2と同様に、LED21aからの第1照明光IG1'をダイクロイックミラーDMに透過させるとともに、LED21bからの第2照明光IG2をダイクロイックミラーDMで反射させる構成としても良い。

図14は、実施例8に係るプロジェクタにおける偏光変換部PC3の構造を説明する図である。本実施例のプロジェクタの構成は、図11に示す実施例6のプロジェクタ510とほぼ同様である。本実施例のプロジェクタは、上記実施例6のプロジェクタ510とは、偏光変換部の構造が異なっている。

本実施例のプロジェクタの偏光変換部PC3は、偏光成分を抽出するための一対の偏光ビームスプリッタ651a, 651bと、偏光状態を変更するための $\lambda/2$ 波長板652とを備える。LED21bから正面方向に射出した第2照明光IG2は、正面の偏光ビームスプリッタ651aに入射する。また、LED21bから側面方向に射出した第2照明光IG2も、凹面反射鏡21dで反射されて正面の偏光ビームスプリッタ651aに入射する。偏光ビームスプリッタ651aに入射した第2照明光IG2は、偏光面PPを通過してS偏光に変換される。一方、偏光面PPで反射されたP偏光は、隣接する偏光ビームスプリッタ651bの偏光面PPで反射されて $\lambda/2$ 波長板652に入射する。 $\lambda/2$ 波長板652に入射したP偏光は、S偏光に変換されるので、結果的に偏光変換部PC3から射出される第2照明光IG2はほぼ完全にS偏光のみとなる。なお、図面では簡単のために、偏光変換部PC3のみを便宜的に側方から見た状態を示している。実際にダイクロイックミラーDMに入射する第2照明光IG2は、P偏光のみとなる。

以上のように、偏光変換部PC3を経てダイクロイックミラーDMに入射する第2照明光IG2は、LED21bからの光を効率よくP偏光にのみ変換したものとなっている。つまり、両LED21a, 21bからの両照明光IG1, IG2を合波するときの両照明光IG1, IG2の損失を低減することができる。ま

た、両照明光IG1, IG2の波長が近いので、高い色純度かつ高輝度な照明光を供給可能な照明装置を提供することができる。

図15Aは、実施例9の第1の構成例に係るG光用照明装置721のブロック図である。また、図15Bは、実施例9の第2の構成例に係るG光用照明装置821のブロック図である。各G光用照明装置721, 821は、いずれも上記実施例6のプロジェクタ510に適用することができる。各G光用照明装置721, 821は、いずれも中心波長が異なる3つの光源を備え、これら3つの光源からの照明光を一対のダイクロイックミラーで合波する。

図15Aに示すG光用照明装置721は、LED及び凹面反射鏡からなる光源装置761aからの中心波長 $\lambda_1$ の照明光をダイクロイックミラーDM2で反射させる。また、同様の構造であるがP偏光に変換するための偏光変換素子をさらに有する光源装置761bからの中心波長 $\lambda_2$ の照明光をダイクロイックミラーDM1で反射させるとともにダイクロイックミラーDM2に対して透過させる。さらに、P偏光変換用の偏光変換素子をさらに有する光源装置761cからの中心波長 $\lambda_3$ の照明光をダイクロイックミラーDM1及びダイクロイックミラーDM2に対して透過させる。以上により、ダイクロイックミラーDM2から射出される照明光は、各光源装置761a, 761b, 761cからの照明光を合波した結果として高い輝度を有することになる。なお、一対のダイクロイックミラーDM1, DM2は、以下に説明する反射透過特性を有し、上述の中心波長 $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$ ,  $\lambda_3$ の照明光の合波を可能にする。

図16は、ダイクロイックミラーDM1, DM2の透過特性を説明するグラフである。グラフからも明らかのように、両ダイクロイックミラーDM1, DM2はハイパスフィルタとなっているが、ダイクロイックミラーDM1のエッジ波長の方が、ダイクロイックミラーDM2のエッジ波長よりも長くなっている。また、両ダイクロイックミラーDM1, DM2において、点線で示すP偏光のエッジ波長は、実線で示すS偏光のエッジ波長よりも短波長側にシフトしている。そして、光源装置761aからの照明光の中心波長 $\lambda_1$ は、ダイクロイックミラーDM2

のP偏光のエッジ波長よりも短波長側に設定されている。また、光源装置761bからの照明光の中心波長 $\lambda_2$ は、ダイクロイックミラーDM2のP偏光及びS偏光のエッジ波長間であって、ダイクロイックミラーDM1のP偏光のエッジ波長よりも短波長側に設定されている。さらに、光源装置761cからの照明光の中心波長 $\lambda_3$ は、ダイクロイックミラーDM1のP偏光及びS偏光のエッジ波長間であって、ダイクロイックミラーDM2のS偏光のエッジ波長よりも長波長側に設定されている。

図15Bに示すG光用照明装置821の場合、LED光源、凹面反射鏡、及び偏光変換素子からなる光源装置861aからの中心波長 $\lambda_2$ でS偏光の照明光をダイクロイックミラーDM2で反射させる。また、同様の構造を有する光源装置861bからの中心波長 $\lambda_3$ でS偏光の照明光をダイクロイックミラーDM1で反射させるとともにダイクロイックミラーDM2に対して透過させる。さらに、偏光変換素子を有しない光源装置861cからの中心波長 $\lambda_4$ の照明光をダイクロイックミラーDM1及びダイクロイックミラーDM2に対して透過させる。以上により、ダイクロイックミラーDM2から射出される照明光は、各光源装置861a, 861b, 861cからの照明光を合波した結果として高い輝度を有することになる。なお、一対のダイクロイックミラーDM1, DM2は、図16に示す反射透過特性を有し、特に、光源装置861cからの照明光の中心波長 $\lambda_4$ は、ダイクロイックミラーDM1のS偏光のエッジ波長よりも長波長側に設定されている。

このように、本実施例のG光用照明装置721、821は、3つの異なる光源装置761a, 761b, 761c、光源装置861a, 861b, 861cからの照明光を同軸で結合することができる。これにより、高輝度の照明装置を提供することができる。

図17は、実施例10に係るプロジェクタ910のブロック図である。上記実施例1と同一の部分には同一の符号を付し、重複する説明は省略する。本実施例のプロジェクタ910は、上記実施例6のプロジェクタ510を変形したもので

あり、透過型液晶ライトバルブの代わりにDMDを用いる。

本実施例のプロジェクタ910は、照明装置920と、光変調装置であるDM<sub>D</sub>930と、投写レンズ40とを備える。ここで、照明装置920は、G光用光源装置921と、B光用光源装置923と、R光用光源装置925と、クロスダイクロイックプリズム927と、ロッドレンズ928とを有する。

照明装置420において、G光用光源装置921は、中心波長が近似する一対の照明光を発生する第1光源であるLED21a、第2光源であるLED21bと、これらLED21a、21bからの照明光を集光する凹面反射鏡21dと、両LED21a、21bからの照明光を合波する合波部であるダイクロイックミラーDMと、LED21aからの照明光を所定の偏光光に変換する偏光変換部である偏光変換部PC2とを備える。LED21aからの第1照明光IG1は、凹面反射鏡21dによって無駄なく回収されてダイクロイックミラーDMに入射し、このダイクロイックミラーDMで反射されてクロスダイクロイックプリズム427に入射する。一方、第2光源21bからの2照明光IG2は、凹面反射鏡21dによって無駄なく回収されて偏光変換部PCに入射する。偏光変換部PCによってほぼP偏光に変換された第2照明光IG2は、ダイクロイックミラーDMに入射してこれを透過し、第1照明光IG1、IG2は、合波された状態でクロスダイクロイックプリズム427に入射する。

B光用光源装置923は、第3光源であるLED23aと、凹面反射鏡23dとを備える。LED23aからの第3照明光IBは、凹面反射鏡23dによって無駄なく回収されてクロスダイクロイックプリズム427に入射する。

R光用光源装置925は、第4光源であるLED25aと、凹面反射鏡25dとを備える。第4光源25aからの第4照明光IRは、凹面反射鏡25dによって無駄なく回収されてクロスダイクロイックプリズム427に入射する。

クロスダイクロイックプリズム927は、各光源装置921、923、925からの照明光IG1、IG2、IB、IRを合波する。ロッドレンズ928は、照明光IG1、IG2、IB、IRを略均一にする。

ロッドレンズ928から射出されたRGBの合成光は、レンズ929a及びミラー929bを経てDMD930上に均一に投写される。この際、レンズ929aの位置及び焦点距離を適宜調節することにより、DMD930を均一に照明することができる。

図18は、本実施例のプロジェクタ910における1フレームの動作を説明する図である。図18の（b），（c），（d）を付したチャートは、それぞれ（a）を付したチャートに示す1フレーム期間における各色光の階調表現信号を示す。図18の（e）を付したチャートは、クロック信号を示す。本実施例のプロジェクタ910の動作は、G光について単独の階調表現信号が単独のG階調表現期間GKに対応している点以外において、図9に示す実施例5の説明と同様である。（b）を付したチャートに示すように、G階調表現信号は、G階調表現期間GKに対応する間、図17に示すLED21a，21bを点灯させる。

プロジェクタ910は、両LED21a，21bからの照明光IG1，IG2を合波するときの各照明光IG1，IG2の損失を低減することができる。このことから、DMD930に入射させることができるので、投写される画像の輝度を高めることができる。さらに、各色光について各階調表現期間GK，BK，RKを同程度とすることでDMD930を簡単かつバランス良く制御することができる。

なお、本実施例のプロジェクタ910においてもダイクロイックミラーDMは、ハイパスフィルタに限らずローパスフィルタとしても良い。また、ダイクロイックミラーDMは、第1照明光IG1を反射させ第2照明光IG2を透過させて両者を合波する構成に限らず、第1照明光IG1を透過させ第2照明光IG2を反射させて両者を合波する構成としても良い。

図19は、本発明の実施例11に係る照明装置1000の概略構成を示す。第1光源であるLED1001Gaは、非偏光光である第1照明光IGaを供給する。また、第2光源であるLED1001Gbは、第1照明光と異なる波長領域の非偏光光である第2照明光IGbを供給する。なお、第1光源、第2光源は、

LEDに限らず固体発光素子、例えば、EL素子やLD素子を用いることもできる。本実施例では、後述するように第1照明光IGa、第2照明光IGbとともにG光の波長領域の光である。このように、照明装置1000は、高い色純度で高輝度なG光を供給する装置である。

合波部であるダイクロイックミラー1003は、それぞれ異なる方向から進行してくる第1照明光IGaと第2照明光IGbとを合成して射出する。ダイクロイックミラー1003は、第1面1003aと、第1面1003aとは異なる第2面1003bとを有する。第1面1003aには、不図示の誘電体多層膜が形成されている。LED1001Gaからの第1照明光IGaは、コリメータレンズ1002Gaにより略平行光に変換される。略平行光の第1照明光IGaは、ダイクロイックミラー1003の第1面1003aに入射角度θ1で入射する。また、略平行光の第2照明光IGbは、ダイクロイックミラー1003の第2面1003bに入射角度θ1で入射する。入射角度θ1は、45°未満である。本実施例では、入射角度θ1=25°である。

このように、第1照明光IGaのダイクロイックミラー1003に対する入射角度θ1と、第2照明光IGbのダイクロイックミラー1003に対する入射角度θ1とが同一である。第1照明光IGaは、ダイクロイックミラーの第1面1003a側から入射する。第2照明光IGbは、ダイクロイックミラー1003の第1面1003aとは異なる第2面1003b側から入射する。そして、ダイクロイックミラー1003は、第1面1003a側から入射した第1照明光IGaを反射して所定方向へ射出する。また、ダイクロイックミラー1003は、第2面1003b側から入射した第2照明光IGbを透過して所定方向へ射出する。これにより、ダイクロイックミラー1003は、第1照明光IGaと第2照明光IGbとを合成して同一の方向へ射出できる。このように、それぞれ異なる方向からダイクロイックミラー1003に入射する照明光の入射角度θ1を同一としている。ここで、入射角度θ1とは、入射面の法線と入射光線とのなす角度をいう。このため、ダイクロイックミラー1003の第1面1003aを反射した第

1 照明光  $I G_a$  と、第2面  $1003b$  を透過した第2照明光  $I G_b$  とは、同一方向に合成されて射出する。これにより、2つの照明光  $I G_a$ 、 $I G_b$  の合成を正確に行うことができる。

さらに、上述のように、第1照明光  $I G_a$  のダイクロイックミラー  $1003$  に対する入射角度  $\theta_1$  と第2照明光  $I G_b$  のダイクロイックミラー  $1003$  に対する入射角度  $\theta_1$  とが  $45^\circ$  未満、例えば本実施例のように  $25^\circ$  となるように構成されている。次に、本実施例におけるダイクロイックミラー  $1003$  の透過率特性を、従来技術の透過率特性と対比して説明する。

図20Aは、ダイクロイックミラー  $1003$  の透過率特性を示す。図20Aにおいて、横軸は波長  $\lambda$  (nm)、縦軸は透過率  $T$  (%) をそれぞれ示す。ダイクロイックミラー  $1003$  は、ハイパスフィルタの機能を有する。そして、不図示の誘電体多層膜からなるダイクロイック面は、透過率  $T$  が偏波依存性を有している。図20Aにおいて、実線で示すS偏光光の透過率特性曲線  $T_S$  と、破線で示すP偏光光の透過率特性曲線  $T_P$  とは、それぞれ異なる特性である。第1エッジ波長  $\lambda_{EP}$  ( $T = 10\%$ ) は、透過率特性曲線  $T_P$  の透過端に相当する。第2エッジ波長  $\lambda_{ES}$  ( $T = 10\%$ ) は、透過率特性曲線  $T_S$  の透過端に相当する。本実施例では、第1エッジ波長  $\lambda_{EP}$  と第2エッジ波長  $\lambda_{ES}$ との差は略  $10\text{ nm}$  である。また、図20Aには、第1及び第2照明光  $I G_a$ 、 $I G_b$  の輝度分布が任意単位(縦軸)で重ねて表示されている。本実施例では、第1エッジ波長  $\lambda_{EP}$  と第2エッジ波長  $\lambda_{ES}$ との差を、後述する従来技術のものよりも小さくできる。このため、第1照明光  $I G_a$  のピーク波長  $\lambda_{Ga}$  と、第2照明光  $I G_b$  のピーク波長  $\lambda_{Gb}$  とを近づけることができる。

図20Bは、従来技術のダイクロイックミラーの透過率特性と照明光の輝度分布とを図20Aと同様に示す。従来技術の透過率特性曲線  $T_S$ 、 $T_P$  は、本実施例の透過率特性に比較して  $25\text{ nm}$  ほど短波長側へシフトしている。そして、第1エッジ波長  $\lambda_{EP}$  と第2エッジ波長  $\lambda_{ES}$ との差は本実施例よりも大きく、略  $20\text{ nm}$  以上である。従来技術の場合、第1照明光  $I G_x$  を全て反射させるため

に、そのピーク波長  $\lambda_{Gx}$  は略 510 nm 以下とする必要がある。また、第 2 照明光  $IG_y$  を全て透過させるために、そのピーク波長  $\lambda_{Gy}$  は略 540 nm 以上とする必要がある。このように、従来技術の構成では、2 つの照明光のピーク波長  $\lambda_{Gx}$ 、 $\lambda_{Gy}$  がかけ離れてしまうため、色純度が低下してしまう。

ダイクロイックミラー 1003 への光の入射角度  $\theta_1$  が略ゼロ、即ち垂直入射の場合は、透過率特性又は反射率特性と、P 偏光や S 偏光等の偏光状態とは関係なくなってしまう。

従って、垂直入射の場合は、入射光の偏光状態の影響を受ける割合が低減される。このことからわかるように、光の入射角度を垂直、即ち略ゼロとなる方向へ近づけるに従って、ダイクロイックミラー 1003 の透過率特性又は反射率特性の偏光依存性の影響が低減される。この結果、入射角度  $\theta_1$  を 45° 未満にすると、ダイクロイックミラー 1003 の P 偏光光の第 1 エッジ波長  $\lambda_{EP}$  と、S 偏光光の第 2 エッジ波長  $\lambda_{ES}$  との差を小さくできる。これにより、第 1 照明光  $IG_a$  のピーク波長  $\lambda_{Ga}$  と、第 2 照明光  $IG_b$  のピーク波長  $\lambda_{Gb}$  とを近づけることができる。従って、近接したピーク波長の 2 つの照明光を正確に合成して射出することで、高い色純度で高輝度の照明光を供給できる。

図 21 は、本発明の実施例 12 に係る照明装置 1100 の概略構成を示す。上記実施例 11 では、第 1 照明光  $IG_a$ 、第 2 照明光  $IG_b$  とともに非偏光光である。これに対して、本実施例では、第 2 照明光  $IG_b$  を特定の振動方向の直線偏光光にしている点が上記実施例 11 と異なる。その他の上記実施例 11 と同一の部分には、同一の符号を付し、重複する説明は省略する。

LED 1001  $IG_b$  からの第 2 照明光  $IG_b$  は、非偏光光であり、上述したようにコリメータレンズ 1002  $IG_b$  で略平行光に変換される。略平行光に変換された第 2 照明光  $IG_b$  は、 $\lambda/4$  波長板 1102 を透過して反射型偏光子 1101 に入射する。 $\lambda/4$  波長板 1102 は、後述するように入射光の偏光状態を変換する機能を有する。また、反射型偏光子 1101 は、特定の振動方向の偏光成分、例えば P 偏光成分を抽出できる。反射型偏光子 1101 としては、上記実施

例2と同様に、グリッド型偏光子を用いることができる。反射型偏光子1101は、非偏光光である第2照明光IGbのうち、P偏光成分を透過して射出し、S偏光成分を反射する。反射型偏光子1101を反射したS偏光成分は、 $\lambda/4$ 波長板202を再度通過することによって、円偏光に変換される。

円偏光に変換された第2照明光IGbは、LED1001Gbの方向へ戻る。そして、LED1001Gbのチップ上に形成されている不図示の反射部、例えば金属電極等でさらにコリメータレンズ1002Gbの方向へ反射される。この反射により円偏光成分の回転方向が逆回りへ反転する。そして、逆回りの円偏光成分は、再度、 $\lambda/4$ 波長板1102を透過してP偏光光に変換される。反射型偏光子1101は、P偏光成分を透過して、ダイクロイックミラー1003の方向へ射出する。これにより、反射型偏光子1101は、第2照明光IGbをP偏光に変換して射出できる。

図22は、ダイクロイックミラー1003の透過率特性と照明光の輝度分布とを、図20Aと同様に示す。本実施例のダイクロイックミラー1003の透過率特性は、実施例11における透過率特性と略同一である。本実施例では、LED1001Gbからの第2照明光IGbのピーク波長 $\lambda_{Gb}$ が実施例11に比較して短波長側へシフトして設定されている。このため第2照明光IGbの一部の波長領域と、第1エッジ波長 $\lambda_{EP}$ と第2エッジ波長 $\lambda_{ES}$ との間の波長領域とが重複している。この重複している波長成分を図22において斜線を付して示す。図22のような透過率特性において、第2照明光IGbが実施例11のように非偏光光の場合、ダイクロイックミラー1003は斜線を付した成分のうちS偏光成分を反射してしまう。本来、ダイクロイックミラー1003は、第2照明光IGbを全て透過することが望ましい。このため、第2照明光IGbは反射による光量損失が生じてしまう。

本実施例では、合波部であるダイクロイックミラー1003は、光の透過作用と反射作用とを用いる光合成素子である。そして、ダイクロイックミラー1003は、所定の振動方向の直線偏光光、例えばP偏光光に対する透過の第1エッジ

波長 $\lambda_{EP}$ と、所定の振動方向に略直交する振動方向の直線偏光光、例えばS偏光光に対する透過第2エッジ波長 $\lambda_{ES}$ とが異なる。さらに、上述したように、偏光変換部である反射型偏光子1101は、第1エッジ波長 $\lambda_{EP}$ と第2エッジ波長 $\lambda_{ES}$ との間の波長領域と少なくとも一部の波長領域が重複する第2照明光IGbを、所定の振動方向であるP偏光光へ変換する。これにより、ダイクロイックミラー1003は、第2照明光IGbを反射による光量損失することなく透過できる。また、ダイクロイックミラー1003は、実施例11と同様にLED1001Gaからの第1照明光IGaを反射する。そして、2つの照明光IGa、IGbのピーク波長 $\lambda_{EP}$ 、 $\lambda_{ES}$ を、実施例11に比較してさらに近接させることができる。入射角度 $\theta_1$ に関しては、第1照明光IGaのダイクロイックミラー1003に対する入射角度 $\theta_1$ と、第2照明光IGbのダイクロイックミラー1003に対する入射角度 $\theta_1$ とが同一である。そして、入射角度 $\theta_1 = 25^\circ$ である。これらにより、照明装置1100では、照明光の光量損失を低減して、さらに色純度が高く、高輝度な照明光を得ることができる。

図23は、本発明の実施例13に係る照明装置1200の概略構成を示す。上記実施例11、実施例12では2つのLED1001Ga、1001Gbを用いている。これに対して、本実施例では、3つのLEDを用いる点が異なる。上記各実施例と同一の部分には同一の符号を付し、重複する説明は省略する。

本実施例では、第1照明光IGaと第2照明光IGbとは異なる波長領域の第3照明光IGcを供給する1つ以上の第3光源であるLED1001Gcをさらに備えている。3つのLED1001Ga、1001Gb、1001Gcで光源部を構成する。そして、合波部は、第1合波素子である第1ダイクロイックミラー1003と、第2合波素子である第2ダイクロイックミラー1004とからなる。第1ダイクロイックミラー1003は、第1照明光IGaと第2照明光IGbとを合成して射出する。第1ダイクロイックミラー1003が照明光を合成する構成は上記実施例11と同一である。つまり、第1照明光IGaと第2照明光IGbとの入射角度 $\theta_1$ はそれぞれ同一であり、かつ入射角度 $\theta_1$ は $45^\circ$ 未

満である。

さらに、第2ダイクロイックミラー1004は、第1ダイクロイックミラー1003から射出された合成光IGabと第3照明光IGcとを合成して射出する。第3光源であるLED101Gcと第2ダイクロイックミラー1004とは、第3照明光IGcの第2ダイクロイックミラー1004に対する入射角度θ2と、第1照明光IGaと第2照明光IGbとの合成光IGabの第2ダイクロイックミラー1004に対する入射角度θ2とが同一である。そして、入射角度θ2は45°未満となるように設けられている。

図24は、図20Aと同様に、2枚のダイクロイックミラー1003、1004と3つの照明光IGa、IGb、IGcの輝度分布とを重ねて示す。本実施例では、3つ以上の複数のLEDからの照明光を合成するものであり、その概念を説明するために図24の横軸λは任意の波長の値とする。第1ダイクロイックミラー1003の透過率特性曲線TP1、TS1は、上記実施例11と同様のものである。ピーク波長λGaの第1照明光IGaは、第1ダイクロイックミラー1003で第2ダイクロイックミラー1004の方向へ反射される。ピーク波長λGbの第2照明光IGbは、第1ダイクロイックミラー1003で第2ダイクロイックミラー1004の方向へ透過される。このように、第1ダイクロイックミラー1003は、第1照明光IGaと第2照明光IGbとの合成光IGabを射出する。

第2ダイクロイックミラー1004のP偏光成分の透過率特性曲線TP2とS偏光成分の透過率特性曲線TS2とは、第1ダイクロイックミラー1003の透過率特性曲線TP1、TS1よりも短波長側にシフトしている。そして、第2ダイクロイックミラー1004は、透過率特性曲線TS2のエッジ波長よりも大きい波長側で、第1照明光IGaと第2照明光IGbとの合成光IGabを透過する。また、第2ダイクロイックミラー1004は、透過率特性曲線TP2のエッジ波長よりも小さい波長側で、第3照明光IGcを反射する。

これにより、第2ダイクロイックミラー1004は、合成光IGabを透過し、

第3照明光IGcを反射して合成できる。

ここで、3つの照明光IGa、IGb、IGcの中心軸（光軸）を略一致させて合成することが望ましい。中心軸を略一致させることで、後述するような空間光変調装置を照明するときに、効率良く照明できる。このために、第1照明光IGaと第2照明光IGbとの第1ダイクロイックミラー1003に対する入射角度θ1は相互に等しくする。同様に、合成光IGabと第3照明光IGcとの第2ダイクロイックミラー1004に対する入射角度θ2は相互に等しくする。また、入射角度θ1と入射角度θ2とは、ともに45°未満である。なお、入射角度θ1と入射角度θ2とは、同一でも異なっていても良い。このように、本実施例では、第1照明光IGaと第2照明光IGbと第3照明光IGcとのピーク波長λGa、λGb、λGcがそれぞれ近接している少なくとも3つの照明光を合成できる。このため、さらに高輝度な照明光を得られる。さらに、図24に斜線を付して示す領域は、透過により光量損失してしまう場合がある。この場合、第1照明光IGa、第3照明光IGcをともにS偏光光とすることで光量損失を低減できる。なお、本実施例では、3つの照明光を合成する構成を用いて説明している。しかしながら、これに限られるものではなく、4つ以上のLEDからの照明光も同様にして合成することができる。

図25は、実施例14に係るプロジェクタ1300の概略構成を示す。プロジェクタ1300は、G光を供給するために実施例11に係る照明装置1000を用いている。LED1001Rは、R光を供給する。LED1001Bは、B光を供給する。一般に、R光とG光とB光とを投写して、全体として白色の投写画像を得るために、G光の光束量を全体の光束量に対して60%から80%程度にする必要がある。このため、本実施例では、R光、B光に比較してG光の光量を増やすために、照明装置1000は高輝度なG光を供給するように配置している。

まず、R光について説明する。LED1001RはR光を射出する。コリメータレンズ1002Rは、R光を略平行光に変換して射出する。平行化されたR光

はインテグレータ光学系1330Rに入射する。インテグレータ光学系1330Rは、入射光を均一化させて空間光変調装置である透過型液晶ライトバルブ1331Rを重畳的に照明する。インテグレータ光学系1330Rとしては、フライアイレンズ又はロッドレンズ等で構成することができる。

次に、B光について説明する。LED1001BはB光を射出する。コリメータレンズ1002Bは、B光を略平行光に変換して射出する。平行化されたB光は上述したものと同様のインテグレータ光学系1330Bに入射する。インテグレータ光学系1330Bは、入射光を均一化させて空間光変調装置である透過型液晶ライトバルブ1331Bを重畳的に照明する。

次に、G光について説明する。G光は、上記実施例11の照明装置1000を用いて供給される。これにより、実施例11で述べたように、高い色純度で高輝度なG光を得ることができる。照明装置1000からのG光は、インテグレータ光学系1330Gに入射する。インテグレータ光学系1330Gは、入射光を均一化させて空間光変調装置である透過型液晶ライトバルブ1331Gを重畳的に照明する。

各透過型液晶ライトバルブ1331R、1331G、1331Bにそれぞれ入射したR光、G光、B光は、これら透過型液晶ライトバルブ1331R、1331G、1331Bによって画像信号に応じて空間的に変調される。各透過型液晶ライトバルブ1331R、1331G、1331Bを通過した各色の光は、クロスダイクロイックプリズム1332に入射する。クロスダイクロイックプリズム1332は、第1クロスダイクロイック膜1332aと第2クロスダイクロイック膜1332bとをX字型に配列して構成されている。第1クロスダイクロイック膜1332aは、G光を透過し、B光を反射する。第2クロスダイクロイック膜1332bは、G光を透過し、R光を反射する。これにより、クロスダイクロイックプリズム1332は、R光、G光、B光を合成して射出する。クロスダイクロイックプリズム1332から射出した合成光の像は、投写レンズ1340に入射してプロジェクタ1300外部に設けたスクリーン（不図示）に適当な拡大

率で投影される。このように、プロジェクタ1300によって、各透過型液晶ライトバルブ1331R、1331G、1331Bに形成された各色光の画像を合成した画像が、スクリーン上に動画又は静止画として投写される。なお、図示を省略しているが、各透過型液晶ライトバルブ1331R、1331G、1331Bの周辺の適所には、これらの各透過型液晶ライトバルブ1331R、1331G、1331Bを偏光光で照明し読み出すため、適当な偏光板が適当な状態で配置されている。

以上説明したプロジェクタ1300によれば、ダイクロイックミラー1003を用いて第1照明光IGaと第2照明光IGbとを効率よく合成（合波）できる。このため、合波によって最終的に得られるG色照明光の純色度を高くして、かつ輝度向上を図ることができる。この結果、明るく、色再現性の良好な投写像を得られる。

図26は、本発明の実施例15に係るプロジェクタ1400の概略構成を示す。本実施例のプロジェクタ1400は、実施例14のプロジェクタ1430を変形したものであり、透過型液晶ライトバルブの代わりにDMDを用いている。上記各実施例と同一の部分には、同一の符号を付し重複する説明は省略する。

LED1001RからのR光は、コリメータレンズ1002Rで略平行光に変換されてクロスダイクロイックプリズム1332に入射する。また、LED1001GからのG光は、コリメータレンズ1002Gで略平行光に変換されてクロスダイクロイックプリズム1332に入射する。

そして、上記実施例11で説明した照明装置1000からのG光は、略平行にされた状態でクロスダイクロイックプリズム1332に入射する。クロスダイクロイックプリズム1332は、実施例14と同様にR光、G光、B光を合成して射出する。合成された光は、インテグレータ光学系1401に入射する。インテグレータ光学系1401としては、フライアイレンズ又はロッドレンズ等で構成することができる。インテグレータ光学系1401から射出された各色の合成光は、レンズ1402及びミラー1403を経由してDMD1404上に重畠的に

均一に照射される。この際、レンズ1402の位置及び焦点距離を適宜調節することにより、DMD1404を均一に照明することができる。なお、本実施例のプロジェクタ1400における1フレームの動作は、図18を用いて説明した実施例10のプロジェクタ910と同様である。

以上のプロジェクタ1400によれば、G色に対応するLED1001Ga、1001Gbからの両照明光IGa、IGbを高い色純度で合波してDMD1404に入射させることができる。このため、投写される画像の輝度を高めることができるだけでなく、良好な色再現の投写像を得ることができる。

以上実施例に即して本発明を説明したが、本発明は、上記実施例に限定されるものではない。例えば空間光変調装置として透過型液晶ライトバルブを用いる構成に代えて、反射型の液晶素子を用いる構成とすることもできる。また、液晶ライトバルブは、光書き込み型の液晶ライトバルブとすることもできる。

また、上記実施例では、波長が近似する一対のGを合波してG光の高い色純度で輝度を高める場合について説明しているが、他のR光、B光についても、ピーク波長が近接する一対の光源光を合波して1つの照明光とすることができる。

また、上記各実施例においてはダイクロイックミラーがハイパスフィルタの機能を有する構成について説明している。本発明は、これに限られず、ダイクロイックミラーがローパスフィルタの機能を有する構成でも同様に適用することができる。さらに、ダイクロイックミラーにおける反射作用又は透過作用は、所定の方向へ複数の照明光を合成して射出すれば、いずれの作用を用いても良い。例えば、実施例11において、ダイクロイックミラー1003が、第1照明光IGaを透過し、第2照明光IGbを反射して合成する構成でも良い。さらに、全ての照明光についてそれぞれ偏光状態を制御することもできる。照明光として非偏光光を用いずに、偏光光を用いれば光量損失を低減できるため、さらに高輝度な照明光を得ることができる。

請求の範囲 (WHAT IS CLAIMED IS:)

1. 第1乃至第4照明光をそれぞれ発生する第1乃至第4固体光源を有する光源装置と、

前記第1乃至第4照明光をそれぞれ変調する空間光変調部と、

前記光源装置の動作を制御することにより、前記第1及び第2照明光を前記空間光変調部の同一照明領域に時系列的に入射させるとともに、前記第3及び第4照明光を前記第1及び第2照明光との重複を回避するように前記空間光変調部に個別に入射させる制御装置と、

を備える表示装置。

2. 前記空間光変調部は、前記第1及び第2照明光に対応する第1空間光変調装置と、前記第3照明光に対応する第2空間光変調装置と、前記第4照明光に対応する第3空間光変調装置と、を備え、

前記制御装置は、前記第3及び第4照明光を前記第2及び第3空間光変調装置にそれぞれ入射させることと並行して、前記第1及び第2照明光を前記第1空間光変調装置の同一照明領域に時系列的に入射させることを特徴とする請求項1に記載の表示装置。

3. 前記第1及び第2照明光は、互いにピーク波長が近似するとともに、前記第3及び第4照明光は、前記第1及び第2照明光のピーク波長から離れたピーク波長をそれぞれ有することを特徴とする請求項2に記載の表示装置。

4. 前記第1及び第2照明光が入射した場合に、当該第1及び第2照明光を合波して前記空間光変調部に入射させる合波部と、前記第1及び第2照明光のうち一方の照明光を所定方向の直線偏光に変換して前記合波部に入射させる偏光変換部と、をさらに備えることを特徴とする請求項1に記載の表示装置。

5. 前記合波部は、光の透過及び反射を利用する光合成素子であり、前記一方の照明光のピーク波長は、前記所定方向の直線偏光に関する前記光合成素子の第1エッジ波長と、前記所定方向に対して直交方向の直線偏光に関する前記光合成素子の第2エッジ波長との間の較差発生領域に設定されていることを特徴とする請求項4に記載の表示装置。

6. 前記空間光変調部は、前記第1乃至第4照明光が全て入射する単一の空間光変調装置を備え、

前記制御装置は、前記第1乃至第4照明光を前記単一の空間光変調装置の同一照明領域に時分割で入射させることを特徴とする請求項1に記載の表示装置。

7. 1フレーム中における前記第1及び第2照明光による総和の照明時間は、前記第3及び第4照明光による各照明時間と等しく、前記第1及び第2照明光の強度は、前記第3及び第4照明光の強度よりも相対的に大きいことを特徴とする請求項1に記載の表示装置。

8. 前記制御装置は、前記第1及び第2照明光を、画像の色調若しくは白色レベルに対応する所定の強度比で前記空間光変調部の同一照明領域に時系列的に入射させることを特徴とする請求項1に記載の表示装置。

9. 前記制御装置は、前記第1及び第2照明光を、フレーム時間を2分割した照明時間で、かつ、前記第1照明光を単独で使う場合の照明光の強度の2倍の強度で、前記空間光変調部にそれぞれ入射させることを特徴とする請求項1に記載の表示装置。

10. 前記制御装置は、前記第1及び第2照明光を、画像の色調若しくは白色

レベルに対応する所定の時間比で前記空間光変調部の同一照明領域に時系列的に入射させることを特徴とする請求項 1 に記載の表示装置。

1 1. 第 1 乃至第 4 照明光をそれぞれ発生する第 1 乃至第 4 固体光源を有する光源装置と、前記第 1 乃至第 4 照明光をそれぞれ変調する空間光変調部と、前記光源装置の動作を制御することにより、前記第 1 及び第 2 照明光を前記空間光変調部の同一照明領域に時系列的に入射させるとともに、前記第 3 及び第 4 照明光を前記第 1 及び第 2 照明光との重複を回避するように前記空間光変調部に個別に入射させる制御装置と、を備える表示装置と、

前記空間光変調部の像を投写する投写光学系と、  
を備えるプロジェクタ。

1 2. ピーク波長が異なる第 1 及び第 2 照明光をそれぞれ発生する第 1 及び第 2 光源を有する光源装置と、

前記第 1 及び第 2 照明光が入射した場合に、当該第 1 及び第 2 照明光を合波して射出する合波部と、

前記第 2 照明光を所定方向の直線偏光に変換して前記合波部に入射させる偏光変換部と、

を備える照明装置。

1 3. 前記合波部は、光の透過及び反射を利用する光合成素子であり、前記第 2 照明光のピーク波長は、前記所定方向の直線偏光に関する前記光合成素子による透過又は反射の第 1 エッジ波長と、前記所定方向に対して直交方向の直線偏光に関する前記光合成素子による透過又は反射の第 2 エッジ波長との間の較差発生領域に設定されていることを特徴とする請求項 1 2 に記載の照明装置。

1 4. 前記第 1 照明光は、前記較差発生領域の外側において当該較差発生領域

に近接して中心波長が設定されていることを特徴とする請求項 1 3 に記載の照明装置。

1 5 前記合波部は、ダイクロイックミラーであることを特徴とする請求項 1 2 に記載の照明装置。

1 6. 前記第 1 及び第 2 光源は、固体光源であることを特徴とする請求項 1 2 に記載の照明装置。

1 7. 前記偏光変換部は、前記第 2 光源からの射出光が入射するロッドインテグレータと、当該ロッドインテグレータの射出端に配設される反射型偏光板と、前記ロッドインテグレータを通過した前記反射型偏光板からの戻り光を前記ロッドインテグレータの入射端に戻す反射部と、を有することを特徴とする請求項 1 2 に記載の照明装置。

1 8. 前記偏光変換部は、前記第 2 光源からの射出光が順次入射する一対の偏光ビームスプリッタと、後段の偏光ビームスプリッタの射出側に配設される波長板と、を備えることを特徴とする請求項 1 2 に記載の照明装置。

1 9. 前記第 1 及び第 2 照明光は、3 原色のいずれか 1 色にともに属することを特徴とする請求項 1 2 に記載の照明装置。

2 0. ピーク波長が異なる第 1 及び第 2 照明光をそれぞれ発生する第 1 及び第 2 光源を有する光源装置と、前記第 1 及び第 2 照明光が入射した場合に、当該第 1 及び第 2 照明光を合波して射出する合波部と、前記第 2 照明光を所定方向の直線偏光に変換して前記合波部に入射させる偏光変換部と、を備える照明装置と、前記照明装置によって照明される空間光変調装置と、

前記空間光変調装置の像を投写する投写レンズと、  
を備えるプロジェクタ。

21. 前記照明装置は、前記第1及び第2照明光が、3原色のいずれか1色にともに属し、3原色のうち前記第1及び第2照明光とは異なる他の2色にそれぞれ属する第3及び第4照明光をそれぞれ発生する第3及び第4光源をさらに有し、

前記空間光変調装置は、前記第1及び第2照明光と、前記第3照明光と、前記第4照明光とがそれぞれ入射した場合に、前記第1及び第2照明光と、前記第3照明光と、前記第4照明光とをそれぞれ個別に変調する3つの空間光変調装置であつて、

各空間光変調装置からの変調光を合成して射出する光合成部材をさらに有し、  
前記投写レンズは、前記光合成部材を経て合成された前記3つの空間光変調装置の像を投写することを特徴とする請求項20に記載のプロジェクタ。

22. 前記空間光変調装置は、液晶ライトバルブであることを特徴とする請求項20に記載のプロジェクタ。

23. 第1照明光を供給する第1光源と、前記第1照明光と異なる波長領域の第2照明光を供給する第2光源と、の少なくとも2つの光源を備える光源部と、

それぞれ異なる方向から進行してくる前記第1照明光と前記第2照明光とを合成して射出する合波部とを有し、

前記光源部と前記合波部とは、前記第1照明光の前記合波部に対する入射角度と前記第2照明光の前記合波部に対する入射角度とが略同一であり、かつ45°未満となるように設けられていることを特徴とする照明装置。

24. 前記光源部は、前記第1照明光と前記第2照明光とは異なる波長領域の第3照明光を供給する1つ以上の第3光源をさらに備え、

前記合波部は、前記第1照明光と前記第2照明光とを合成して射出する第1合波素子と、前記第1合波素子から射出された合成光と前記第3照明光とを合成して射出する第2合波素子との、少なくとも2つの合波素子からなり、

前記第3光源と前記第2合波素子とは、前記第3照明光の前記第2合波素子に対する入射角度と前記合成光の前記第2合波素子に対する入射角度とが略同一であり、かつ45°未満となるように設けられていることを特徴とする請求項23に記載の照明装置。

25. 前記合波部は、光の透過作用と反射作用とを用いる光合成素子であり、

前記光合成素子は、所定の振動方向の直線偏光光に対する透過特性又は反射特性が切換わる波長領域の第1エッジ波長と、前記所定の振動方向に略直交する振動方向の直線偏光光に対する透過特性又は反射特性が切換わる波長領域の第2エッジ波長とが異なり、

前記第1エッジ波長と前記第2エッジ波長との間の波長領域と少なくとも一部の波長領域が重複する前記第1照明光と前記第2照明光との少なくとも一方の照明光を、前記所定の振動方向の直線偏光光又は前記所定の振動方向に略直交する振動方向の直線偏光光へ変換する偏光変換部をさらに有することを特徴とする請求項23に記載の照明装置。

26. 第1照明光を供給する第1光源と、前記第1照明光と異なる波長領域の第2照明光を供給する第2光源と、の少なくとも2つの光源を備える光源部と、それぞれ異なる方向から進行してくる前記第1照明光と前記第2照明光とを合成して射出する合波部と、を備える照明装置と、

前記照明装置からの照明光を画像信号に応じて変調する空間光変調装置と、変調された光を投写する投写レンズと、を有し、

前記照明装置は、前記光源部と前記合波部とが、前記第1照明光の前記合波部に対する入射角度と前記第2照明光の前記合波部に対する入射角度とが略同一で

あり、かつ $45^{\circ}$ 未満となるように設けられていることを特徴とするプロジェクタ。

## 要約 (ABSTRACT OF THE DISCLOSURE)

簡易な制御で高輝度かつ色再現範囲が広い画像を表示可能な表示装置を提供することを目的として、第1乃至第4照明光を発生する光源装置と、各照明光を変調する空間光変調部と、光源装置の動作を制御することにより、第1及び第2照明光を空間光変調部の同一照明領域に時系列的に入射させるとともに、第3及び第4照明光を第1及び第2照明光との重複を回避するように空間光変調部に個別に入射させる制御装置とを備える表示装置を提供する。